

ANALISA *LIFE CYCLE ASSESSMENT* PADA PROSES PRODUKSI DI UKM MURNI MANDIRI, KECAMATAN NGANCAR, KABUPATEN KEDIRI

Achmad Zulfikar dan Yudha Prasetyawan

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: yudha.prase@ie.its.ac.id

Abstrak—Kondisi lingkungan yang semakin memburuk menyadarkan banyak pihak mengenai isu lingkungan. Di Indonesia sendiri sudah dilakukan pengembangan bisnis pada daerah berpotensi dengan mempertimbangkan konsep *Green Industry*. Salah satunya yaitu di Kecamatan Ngancar, Kabupaten Kediri yang mana memiliki potensi produk unggulan nanas. Salah satu UKM yang mengembangkan bisnis adalah UKM Murni Mandiri, yang mana memproduksi sari buah nanas. Proses produksi sari buah nanas tentunya menghasilkan limbah. Untuk mendukung konsep *green industry*. UKM perlu memperhatikan bagaimana proses produksi yang dilakukan memiliki dampak terhadap lingkungan. Namun, sampai saat ini UKM belum mengetahui bagaimana dampak yang ditimbulkan dari proses produksi yang dilakukan. Untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan, digunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA). LCA digunakan untuk menilai siklus hidup dari suatu produk atau proses dengan melakukan input data material, energi, emisi, hingga output yang dihasilkan. Nantinya hasil LCA akan dibandingkan dengan skenario yang memungkinkan menjadi alternatif. Proses LCA dibantu menggunakan *software* SimaPro dengan pengolahan data menggunakan metode Eco-Indicator 99. Dari hasil pengolahan data, didapatkan besar *single score* total sebesar 1,14 Pt dengan pembagian *damage category* antara lain yaitu pada *human health* sebesar 0,222 Pt (20%), *ecosystem quality* sebesar 0,278 (24%), dan *resources* sebesar 0,636 Pt (56%). Berdasarkan hasil perbandingan tiga macam perbaikan kondisi produksi, didapatkan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan yaitu pada skenario penggunaan biogas dan peningkatan kapasitas produksi dengan nilai *single score* 1,7131 dan memiliki nilai *single score* terendah dibandingkan dengan kedua skenario lainnya.

Kata Kunci— Dampak Lingkungan, *Life Cycle Assessment*, Produksi Sari Buah Nanas, SimaPro

I. PENDAHULUAN

Isu lingkungan kini menjadi salah satu hal yang penting. Pada tahun 1987, diterbitkan laporan yang lebih dikenal dengan istilah *Bruntland Report*. *Bruntland Report* membahas bagaimana kondisi bumi yang semakin terpuruk. Semakin besar pengaruh dari industri-industri di bumi. Dalam *Bruntland Report*, sangat ditekankan untuk mulai menciptakan

keharmonisan antara industri dengan lingkungan dan diwujudkan dalam *sustainable development*. *Green Industry* menjadi salah satu hal penting dalam membangun industri menuju *sustainable development*. Dalam Rencana Strategis Kementerian Perindustrian tahun 2015-2019, salah satu sasaran strategis adalah menggunakan pengembangan standarisasi industri dengan salah satu poin berupa pengembangan produk industri hijau [1]. Sehingga perlu dilakukan pengembangan bisnis bagi masyarakat Indonesia dengan mempertimbangkan konsep *Green Industry*. Salah satunya yaitu mengembangkan bisnis tersebut di wilayah yang berpotensi dari segi ekonomi.

Kecamatan Ngancar merupakan salah satu wilayah yang berpotensi di Indonesia. Kecamatan Ngancar terletak di Kabupaten Kediri, dengan posisi geografis berada di kaki Gunung Kelud. Jumlah penduduk yang ada sebanyak 45.137 jiwa [2]. Kecamatan Ngancar memiliki beberapa komoditas unggul, khususnya dari sektor buah-buahan. Tingkat produksi buah-buahan di kecamatan Ngancar ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Produksi Buah-buahan di Kecamatan Ngancar Tahun 2015

Jenis Tanaman	Produksi (dalam Kwintal)	Jenis Tanaman	Produksi (dalam Kwintal)
Alpoket	15206	Sirsat	3106
Rambutan	9724	Nanas	1328399
Salak	2020	Mangga	19759
Belinjo	6120	Pepaya	2063
Durian	3655	Sukun	5633
Belimbing	54		

Berdasarkan data di Tabel 1, terlihat bahwa buah dengan produksi terbesar adalah buah nanas dan dapat menjadi potensi pasar untuk Kecamatan Ngancar. Namun seiring perkembangan zaman, pengembangan dari masing-masing daerah semakin digencarkan. Pada kecamatan Ngancar menurut Pak Ngaseri selaku Kepala Kecamatan Ngancar, sudah ada keinginan untuk memproduksi produk turunan dari berbagai komoditas utama di Kecamatan Ngancar. Selain itu, dari Pemerintah Kabupaten Kediri juga telah mengadakan pelatihan pembuatan dan pengolahan produk turunan di Kecamatan Ngancar bagi masyarakat. Hasilnya, saat ini sudah terdapat beberapa pelaku usaha yang memanfaatkan komoditas untuk membuat produk turunan.

UKM Murni Mandiri merupakan salah satu UKM yang memproduksi produk turunan berupa sari buah nanas di

Kecamatan Ngancar. Dalam proses produksi sari buah nenas, tentunya menghasilkan limbah dari hasil produksi. Untuk mendukung konsep *green Industry*, UKM perlu memperhatikan bagaimana proses produksi yang dilakukan memiliki dampak terhadap lingkungan. Tidak hanya proses produksi, cara perlakuan terhadap limbah yang dihasilkan juga perlu diperhatikan. Namun, sampai saat ini UKM belum mengetahui bagaimana dampak yang ditimbulkan dari proses produksi yang dilakukan.

Life Cycle Assessment (LCA) merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk mengevaluasi dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh suatu produk, proses atau aktivitas [3]. Dalam penelitian ini, LCA akan digunakan untuk menilai dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses produksi sari buah nenas di UKM Murni Mandiri. Selain itu, dapat dilakukan perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan dengan cara memunculkan ide alternatif yang memungkinkan untuk diimplementasikan pada proses produksi yang ada.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Tahap Identifikasi Permasalahan dan Perumusan Tujuan

Tahap ini diawali dengan studi lapangan di UKM Murni Mandiri serta menentukan keperluan data untuk menunjang penelitian. Lalu dilakukan identifikasi permasalahan, penentuan tujuan dari penelitian. Selanjutnya dilakukan studi pustaka untuk menunjang penelitian.

B. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data yang diperlukan dalam penelitian, antara lain alur proses produksi eksisting, kebutuhan bahan baku serta energi dari masing-masing proses produksi, serta data input yang digunakan untuk *Life Cycle Assessment* menggunakan *software* SimaPro. Data tersebut didapatkan dari hasil diskusi dengan pemilik UKM Murni Mandiri. Selanjutnya dilakukan pengolahan data.

Pengolahan yang dilakukan adalah mengukur dampak lingkungan dari proses produksi sari buah nenas menggunakan *Life Cycle Assessment*. Metode LCA dilakukan untuk mengetahui dampak lingkungan dari suatu proses produksi dalam satu siklus produk. Tahapan pengolahan data yang dilakukan antara lain yaitu pendefinisikan ruang lingkup dan tujuan LCA, mengidentifikasi *Life Cycle Inventory* dari proses produksi, *impact analysis* dan penentuan perbaikan.

C. Tahap Analisis dan Interpretasi Data

Pada tahap ini dilakukan analisa dan interpretasi dari hasil pengolahan data dampak lingkungan menggunakan *software* SimaPro. Selain itu, dilakukan perbandingan alternatif yang memungkinkan untuk mengurangi dampak lingkungan.

D. Penarikan Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis data untuk menjawab tujuan penelitian. Selain itu pada bab ini akan dirumuskan saran untuk pengembangan penelitian ke depannya.

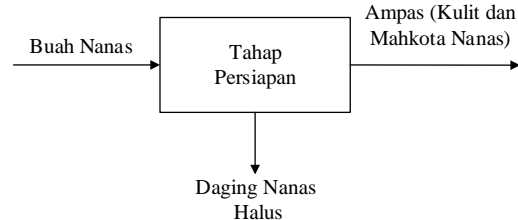
III. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

A. Proses Produksi Sari Buah Nanas

Proses produksi sari buah nenas di UKM Murni Mandiri menggunakan cara semi-konvensional. Dalam pelaksanaannya, proses produksi terbagi menjadi tiga tahap. Antara lain yaitu :

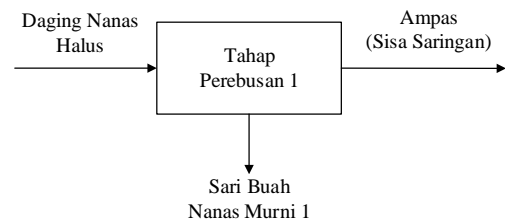
1. Tahap Persiapan
2. Tahap Perebusan
3. Tahap *Packaging*.

Pada tahap persiapan, dilakukan pengadaan bahan-bahan yang diperlukan untuk diproses menjadi sari buah. Buah nenas diambil dari para petani nenas. Buah nenas yang diambil untuk diolah merupakan nenas dengan ukuran yang kecil atau berada di bawah standar ukuran buah yang dijual di pasaran. Sebelum diolah, nenas dikupas dan dicuci menggunakan air hingga bersih. Hasil *waste* yang didapatkan adalah berupa kulit nenas dan mahkota nenas dan diolah menjadi pupuk kompos.



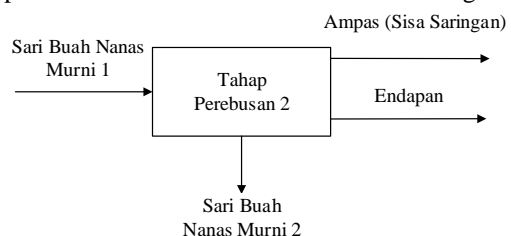
Gambar 1 *Material Balance* pada Tahap Persiapan

Selanjutnya adalah tahap perebusan yang bertujuan untuk mengekstrak sari nenas dari daging nenas menjadi sari buah nenas murni. Tahap perebusan ini terbagi menjadi tiga tahapan. Perebusan pertama dilakukan untuk mengekstrak sari nenas, kemudian nenas disaring, dan direbus ulang sebanyak satu atau dua kali hingga rasa pada daging nenas tidak terasa.



Gambar 2 *Material Balance* pada tahap Perebusan Pertama

Perebusan kedua yaitu perebusan sari buah nenas murni direbus hingga mendidih. Lalu air sari nenas didiamkan selama kurang lebih 6 jam untuk memunculkan endapan dan mendapatkan air sari nenas jernih. Sisa dari tahap perebusan pertama ini adalah ampas dari hasil penyaringan yang digunakan sebagai bahan pupuk, dan endapan yang dijual kepada produsen selai buah nenas di Kecamatan Ngancar.

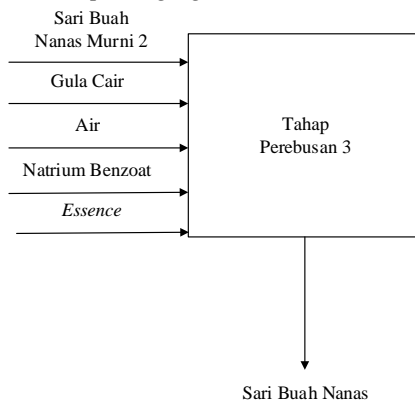


Gambar 3 *Material Balance* pada Perebusan Kedua

Selain merebus sari buah nenas murni, dilakukan perebusan gula pasir menjadi air gula. Gula pasir direbus dengan air hingga mencair dan mendidih. Kemudian air gula didinginkan

selama 6 jam untuk memisahkan endapan dan air gula murni. Air gula nantinya akan digunakan pada perebusan ketiga

Pada tahap perebusan ketiga, air sari buah murni dan air gula dicampur dalam panci. Kemudian dilakukan perebusan hingga mendidih. Selama perebusan hingga mendidih, air campuran tersebut diberikan Natrium Benzoat dan *essence* (perasa) sebagai penguat rasa dari sari buah nanas. setelah mendidih, api untuk perebusan sari buah nanas dikecilkan hingga sari buah nanas berada pada suhu 85 hingga 90⁰ C. Setelah itu, sari buah nanas siap untuk di-*packaging*.



Gambar 4. *Material Balance* pada Tahap Perebusan Ketiga

B. Penilaian Dampak

Pada tahap penilaian dampak, dilakukan penentuan dampak terhadap lingkungan berdasarkan data yang telah diperoleh. tahap yang dilakukan dalam penilaian dampak antara lain yaitu *characterization*, *normalization*, *weighting* dan *single score*.

Characterization merupakan tahapan di mana dilakukan perbandingan dari hasil *Life Cycle Inventory* pada setiap kategori yang ada. Metode yang digunakan untuk menilai dampak lingkungan adalah metode *Eco Indicator 99*. Terdapat 11 kategori dampak pada metode ini. Angka dampak lingkungan per-kategori ditunjukkan pada Tabel 2

Tabel 2 Hasil *Characterization* Dampak Lingkungan pada Setiap *Impact Category*

<i>Impact Category</i>	Unit	Total	Sari Buah Nanas	Packaging Sari Buah
<i>Fossil fuels</i>	MJ surplus	26,703	9,017	17,68
<i>Land use</i>	PDF*m2yr	3,14697	3,077	0,07
<i>Ecotoxicity</i>	PAF*m2yr	1,80666	0,628	1,18
<i>Acidification/Eutrophication</i>	PDF*m2yr	0,23191	0,134	0,098
<i>Minerals</i>	MJ surplus	0,03026	0,013	0,01
<i>Resp. inorganics</i>	DALY	5,55E-06	2,45E-06	3,10E-06
<i>Climate change</i>	DALY	1,92E-06	8,62E-07	1,05E-06
<i>Carcinogens</i>	DALY	8,89E-07	1,79E-07	7,11E-07
<i>Resp. organics</i>	DALY	1,14E-07	1,01E-08	1,04E-07
<i>Radiation</i>	DALY	3,79E-08	4,53E-09	3,34E-08
<i>Ozone layer</i>	DALY	1,62E-08	2,38E-09	1,38E-08

Selain dampak per kategori, pada metode *Eco-Indicator 99*, pada *characterization* juga dapat dibagi menjadi tiga kategori. Antara lain yaitu *Human Health* (kesehatan manusia), *Ecosystem Quality* (kualitas ekosistem), dan *Resources* (sumber daya). Hal ini dapat dilakukan dengan melihat *process contribution* dari hasil pengolahan *Life Cycle Inventory* pada setiap kategori.

Tahap *normalization* atau normalisasi merupakan tahapan dengan tujuan lebih memudahkan dalam membandingkan antara *impact category*. Hal ini disebabkan setiap kategori menggunakan satuan nilai yang berbeda. Nilai setiap *impact category* yang didapatkan dari tahap *characterization* dibagi dengan nilai *reference*, sehingga besar dari setiap *impact category* menggunakan unit satuan yang sama. Hasil *normalization* berdasarkan tiga macam dampak (*Human Health*, *Ecosystem Quality*, dan *Resources*) ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai *Normalization* berdasarkan *Damage Category*

<i>Damage category</i>	Total	Sari Buah Nanas	Packaging Sari Buah
<i>Human Health</i>	0,00055	0,00023	0,000326
<i>Ecosystem Quality</i>	0,00069	0,00064	5,59E-05
<i>Resources</i>	0,00318	0,00107	0,002107

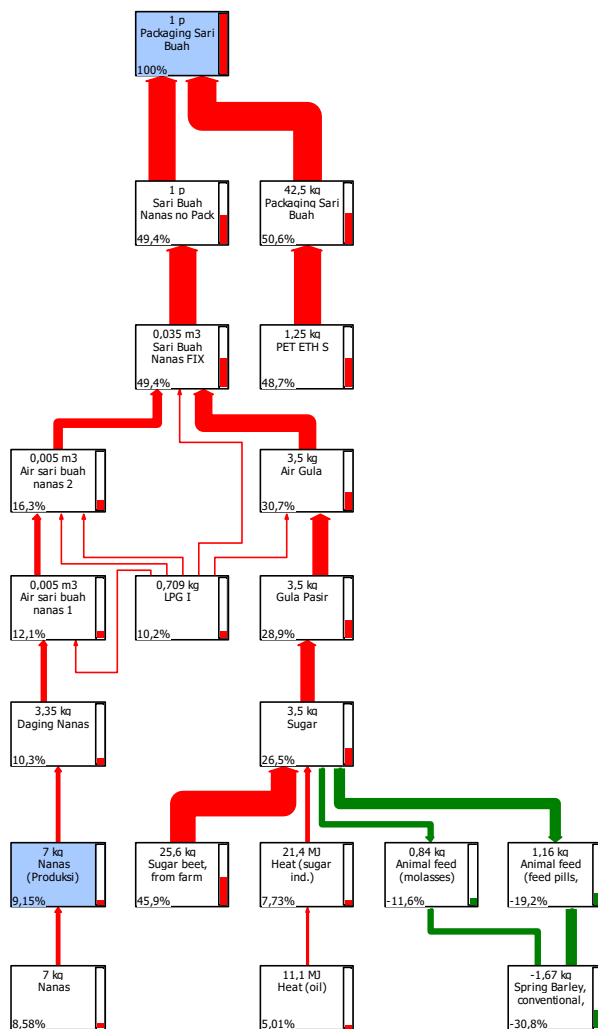
Tahap selanjutnya adalah *weighting*, dengan tujuan membuat *impact category* memiliki nilai relatif antara satu kategori dengan kategori lainnya. Hal ini disebabkan, untuk membandingkan berbagai potensi dampak lingkungan, penilaian harus dibuat relatif. *Weighting* dilakukan dengan mengalikan nilai hasil *normalization* dari *impact category* dengan faktor bobot. Setelah dilakukan *weighting*, semua potensi dampak lingkungan berdasarkan metode *eco-indicator 99* dikonversi menjadi *single score* atau nilai tunggal. Hasil *single score* untuk setiap *impact category* ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil *Single Score* Dampak Lingkungan dari Sari Buah Nanas Siap Minum

<i>Impact category</i>	Unit	Total	Sari Buah Nanas	Packaging Sari Buah
<i>Total</i>	Pt	1,136	0,56146407	0,57427627
<i>Fossil fuels</i>	Pt	0,636	0,21460393	0,42092735
<i>Land use</i>	Pt	0,245	0,23997048	0,005493428
<i>Resp. inorganics</i>	Pt	0,144	0,063706983	0,080693703
<i>Climate change</i>	Pt	0,050	0,022449518	0,027454644
<i>Carcinogens</i>	Pt	0,023	0,004651026	0,018505
<i>Acidification/Eutrophication</i>	Pt	0,018	0,010433402	0,00765585
<i>Ecotoxicity</i>	Pt	0,014	0,004900024	0,009191888

<i>Impact category</i>	<i>Unit</i>	<i>Total</i>	<i>Sari Buah Nanas</i>	<i>Packaging Sari Buah</i>
<i>Resp. organics</i>	Pt	0,002975	0,000262653	0,002711976
<i>Radiation</i>	Pt	0,000987	0,000118075	0,000868563
<i>Minerals</i>	Pt	0,00072	0,000306116	0,00041419
<i>Ozone layer</i>	Pt	0,000422	6,19E-05	0,000359679

Lalu pada *impact assessment* dapat dilihat *network* dampak lingkungan, di mana *network* menggambarkan hubungan dari setiap proses yang dapat memberikan dampak terhadap lingkungan. *network* dari proses produksi sari buah nanas yang ditunjukkan pada Gambar 5 dengan *cut-off* sebesar 5%.



Gambar 5. *Network* dari Dampak Lingkungan pada Produk Sari Buah Nanas

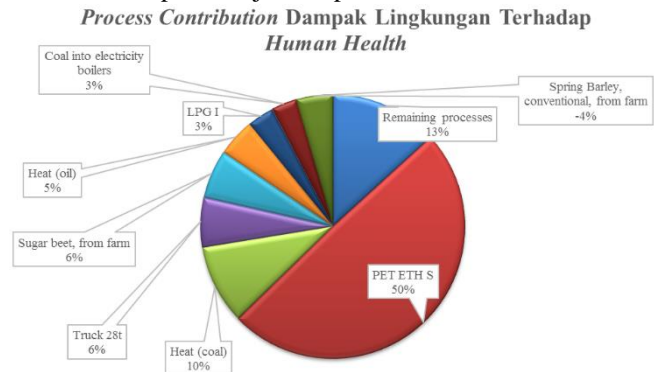
Garis merah dan tebal menunjukkan proses tersebut memiliki pengaruh yang besar terhadap dampak lingkungan. Sedangkan garis hijau menunjukkan proses yang memiliki nilai negatif atau tidak memiliki dampak terhadap lingkungan.

IV. ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

A. Analisis Dampak Lingkungan dari Produk Sari Buah Nanas

Pada analisa *characterization*, analisa dilakukan berdasarkan pengelompokan *damage category*, yaitu *human health*, *ecosystem quality*, dan *resources*.

Pada dampak *human health*, jika dilihat dari *process contribution* dapat ditunjukkan pada Gambar 6.

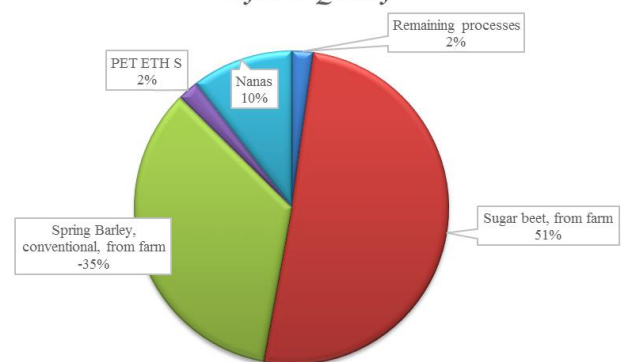


Gambar 6. Proporsi *Process Contribution* Dampak Lingkungan Terhadap *Human Health*

Material yang berkontribusi terhadap dampak lingkungan yang menyebabkan *human health* antara lain yaitu penggunaan *cup* plastik, penggunaan panas dari batu bara untuk pembangkit listrik, LPG, penggunaan transportasi truk, dan beberapa material lainnya. Penggunaan *cup* plastik menjadi dampak yang paling besar. Hal ini disebabkan pengadaan plastik membutuhkan material serta proses yang cukup beragam.

Lalu pada dampak *ecosystem quality*, jika dilihat dari *process contribution* terhadap *ecosystem quality*. Dapat dilihat pada Gambar 7.

Process Contribution Dampak Lingkungan Terhadap *Ecosystem Quality*

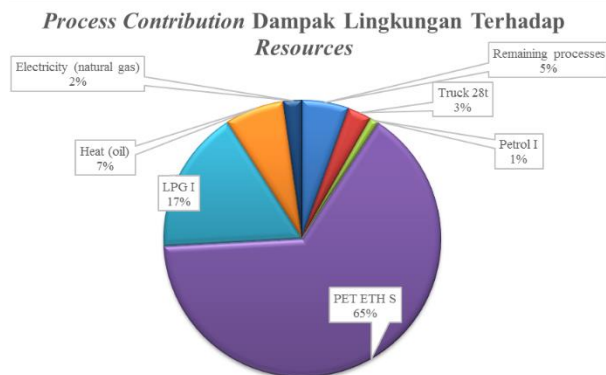


Gambar 7. Proporsi *Process Contribution* Dampak Lingkungan Terhadap *Ecosystem Quality*

Material yang berpengaruh antara lain yaitu tebu sebagai bahan gula pasir, *spring barley* atau gandum, nanas, serta proses atau bahan lainnya. Tebu memiliki pengaruh tertinggi, disebabkan pada saat tebu digunakan untuk diolah menjadi gula pasir, tidak semua tebu terkonversi menjadi gula pasir dan menjadi ampas. Sedangkan untuk gandum didapatkan nilai minus, karena ampas yang dihasilkan oleh tebu bisa menjadi

alternatif pengganti gandum sebagai bahan makanan untuk hewan.

Sedangkan pada dampak terhadap *resources*, jika dilihat dari *process contribution* terhadap *Resources* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Proporsi *Process Contribution* Dampak Lingkungan Terhadap *Resources*

Didapatkan proses atau material yang memiliki pengaruh terbesar terhadap *resources* yaitu penggunaan *cup* plastik, hal ini dikarenakan dalam pembuatan *cup* plastik membutuhkan proses yang cukup banyak. Selain *cup* plastik, *resources* yang cukup mempengaruhi adalah LPG. penggunaan transportasi truk, dan beberapa material lainnya.

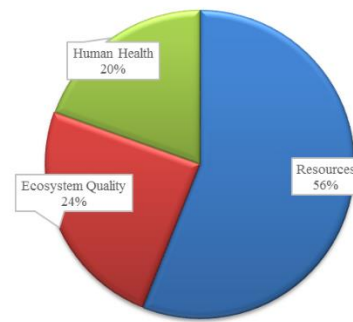
Selanjutnya pada, dari hasil perhitungan nilai *normalization* menggunakan *software* SimaPro, didapatkan nilai untuk tiga macam *damage category* dengan urutan dari yang terbesar hingga terkecil, yaitu dampak lingkungan terhadap *resources* sebesar 0,00318 , *ecosystem quality* sebesar 0,000694 , dan *human health* sebesar 0,000555.

Selanjutnya adalah tahap *weighting* Dengan adanya *weighting*, hasil *impact category* akan memiliki nilai relatif antara satu kategori dengan kategori lainnya. Dari hasil penilaian dampak lingkungan berdasarkan *impact category*, didapatkan urutan dampak lingkungan dari yang terbesar hingga yang terkecil. Antara lain yaitu *fossil fuels*, *land use*, *respiratory inorganics*, *climate change*, *carcinogens*, *acidification / eutrophication*, *ecotoxicity*, *respiratory organics*, *radiation*, *minerals*, dan yang terakhir *ozone layer*

Yang terakhir yaitu analisis *single score*. Secara keseluruhan, pengaruh dampak lingkungan yang paling besar adalah PET ETH atau *cup* plastik. Hal ini dikarenakan *cup* plastik memiliki komponen penyusun yang beragam, selain itu proses pembuatan *cup* plastik membutuhkan berbagai proses yang cukup membutuhkan energi yang banyak.

Lalu, pengaruh dari material lain, diantaranya gula, LPG, buah nenas, penggunaan truk. Sedangkan proporsi dari masing-masing *damage category* *human health*, *ecosystem quality*, dan *Resources* ditunjukkan pada Gambar 9.

Proporsi Dampak Lingkungan dari Proses Produksi Sari Buah Nanas Berdasarkan *Damage Category*



Gambar 9. Proporsi Dampak Lingkungan dari Produksi Sari Buah Nanas Berdasarkan *Damage Category*

Berdasarkan hasil *single score* untuk *damage category* pada Gambar 5.7. Didapatkan bahwa dalam proses pembuatan sari buah nenas sebanyak 1 resep atau 250 *cup* gelas plastik memiliki proporsi dampak terhadap *human health* sebesar 20%, *ecosystem quality* sebesar 24%, dan *resources* sebesar 56%. Jika dilihat dari *network single score* untuk setiap tahapan, ditunjukkan pada Tabel 5.7

Tabel 5. Nilai *Single Score* Dampak Lingkungan untuk Setiap Tahapan

Tahap	Hasil	Nilai Dampak Lingkungan
Tahap Persiapan	Daging Nanas Halus	0,117
Tahap Perebusan 1	Air Sari Nanas 1	0,138
Tahap Perebusan 2	Air Sari Nanas 2	0,186
Tahap Perebusan 3	Sari Buah Nanas	0,561
Packaging Sari Buah	Sari Buah Nanas siap Minum	0,574

B. Pemilihan Alternatif Perbaikan

Alternatif perbaikan dilakukan yaitu untuk mengurangi *impact* dari suatu proses produksi terhadap lingkungan. Terdapat beberapa pilihan alternatif untuk mengurangi dampak dari lingkungan untuk proses produksi sari buah nenas di UKM Murni Mandiri. Alternatif ini didesain agar memungkinkan untuk diimplementasikan. Skenario perbaikan ini nantinya disimulasikan dengan *software* SimaPro. Beberapa skenario tersebut antara lain yaitu mengubah bahan bakar untuk dari LPG menjadi biogas, peningkatan kapasitas produksi, dan penggabungan dua skenario.

Pemilihan biogas sebagai salah satu alternatif disebabkan oleh Kecamatan Ngancar yang mengembangkan biogas sejak tahun 2008. Dan sejak tahun 2010, telah dilakukan kerja sama antara BIRU (Biogas Rumah) melalui kerja sama dengan salah satu LSM di Malang. Dari kerja sama tersebut telah dihasilkan pembangunan reaktor biogas rumah sebanyak 197 buah. [4].

Untuk banyak biogas yang digunakan, digunakan konversi persamaan biogas dengan LPG. 1 m³ biogas setara dengan 0,48 kg LPG [5]. Sehingga konversi kebutuhan biogas untuk masing-masing proses ditampilkan pada Tabel 5.2 di bawah ini

Tabel 6. Kebutuhan Biogas dari setiap Tahapan

Tahap	Kebutuhan (m3)
Perebusan 1	0,26
Perebusan 2	0,608
Perebusan 3	0,348

Selanjutnya adalah skenario peningkatan kapasitas produksi. Pada skenario ini dilakukan peningkatan kapasitas produksi sari buah nanas. Beberapa hal yang dilakukan pada skenario ini antara lain yaitu pengadaan panci untuk proses perebusan dengan volume 75 liter. Selain itu dilakukan beberapa penyesuaian, seperti lama perebusan air nanas hingga mendidih, serta pengadaan material yang lebih banyak. Sedangkan skenario terakhir adalah gabungan dari dua skenario sebelumnya.

Hasil *single score* perbandingan antara keempat kondisi tersebut pada setiap *impact category* ditunjukkan pada Tabel 7. Tabel 7. Perbandingan Nilai *Single Score* antara tiga skenario

Impact category	Unit	Sari Buah Nanas Gelas	Sari Buah Nanas (Biogas)	Sari Buah Nanas (Up Kapasitas)	Sari Buah Nanas Gelas (Biogas+ Up Cap)
Total	Pt	1,136	1,089	1,803	1,7131
Fossil fuels	Pt	0,636	0,595	1,043	0,0421
Land use	Pt	0,246	0,245	0,344	0,0056
Resp. inorganics	Pt	0,144	0,143	0,233	0,2319
Climate change	Pt	0,050	0,045	0,0801	0,0644
Carcinogens	Pt	0,023	0,023	0,0419	0,0019
Acidification/ Eutrophication	Pt	0,018	0,018	0,0273	0,0008
Ecotoxicity	Pt	0,014	0,014	0,0237	0,0244
Resp. organics	Pt	0,003	0,003	0,0057	0,0276
Radiation	Pt	0,00098	0,0010	0,0019	0,3443
Minerals	Pt	0,00072	0,00075	0,0011	0,0012
Ozone layer	Pt	0,00042	0,00042	0,00078	0,9689

Berdasarkan hasil pada Tabel 7, terlihat bahwa secara nilai *total single score* dari kondisi eksisting yaitu sebesar 1,136 Pt. Sedangkan *total single score* untuk skenario penggunaan biogas yaitu sebesar 1,088. Sedangkan untuk skenario peningkatan kapasitas, didapatkan nilai sebesar 1,803. Namun, jika dilihat segi efisiensi, skenario peningkatan kapasitas memiliki hasil lebih baik. Hal ini disebabkan, output yang dihasilkan oleh skenario peningkatan kapasitas sama dengan dua kali proses produksi eksisting.

Jika dibandingkan, dua kali proses produksi menghasilkan nilai dampak pada kondisi eksisting sebesar 2,2714 Pt dan pada peningkatan kapasitas sebesar 2,1770 pt. Sedangkan pada skenario peningkatan kapasitas menghasilkan nilai dampak sebesar 1,803 Pt. Sehingga bisa dikatakan, dengan output yang

sama, skenario ini dapat mengurangi dampak sebesar 0,4681 dibandingkan dengan kondisi eksisting dan sebesar 0,3736.

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisa serta interpretasi data, didapatkan beberapa kesimpulan dari penelitian antara lain sebagai berikut.

1. Hasil pengolahan *Life Cycle Assessment* pada proses produksi sari buah nanas menggunakan *software* SimaPro, didapatkan besar *single score* total sebesar 1,14 Pt dengan pembagian *damage category* antara lain yaitu pada *human health* sebesar 0,222 Pt (20%), *ecosystem quality* sebesar 0,278 (24%), dan *resources* sebesar 0,636 Pt (56%).
2. Beberapa faktor yang memiliki pengaruh terhadap dampak lingkaran antara lain yaitu penggunaan sumber daya, energi, emisi yang dikeluarkan, hingga pengelolaan limbah dari hasil produksi.
3. Berdasarkan hasil perbandingan tiga kondisi produksi. Didapatkan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan yaitu pada skenario penggunaan biogas dan peningkatan kapasitas produksi dengan nilai *single score* 1,7131 dan memiliki nilai *single score* terendah dibandingkan dengan kedua skenario perbaikan lainnya.

dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Penelitian *Life Cycle Assessment* dapat dikembangkan untuk tingkat manufaktur lainnya.
2. Penelitian alternatif pengurangan dampak untuk produksi sari buah dapat dikembangkan lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, "Rencana Strategis Kementerian Perindustrian," 13 Maret 2015. [Online]. Available: <http://www.kemenperin.go.id/profil/71/rencana-strategis-kementerian-perindustrian>.
- [2] BPS Kediri, "Kecamatan Ngancar Dalam Angka Tahun 2015," Badan Pusat Statistik Kabupaten Kediri, Kabupaten Kediri, 2015.
- [3] Scientific Applications International Corporation, "Life Cycle Assessment : Principles and Practices," Cincinnati, 2006.
- [4] H. Putri and H. B. Nasution, "Pasangan Kompak dari Lereng Gunung Kelud," 11 Maret 2014. [Online]. Available: <http://www.biru.or.id/index.php/news/2014/03/11/159/pasangan-kompak-dari-lereng-gunung-kelud.html>. [Accessed 3 Juli 2016].
- [5] A. Pratava, "POTENSI BIOGAS UNTUK MASYARAKAT INDONESIA," 19 September 2010. [Online]. Available: <http://majalahenergi.com/forum/energi-baru-dan-terbarukan/bioenergy/potensi-biogas-untuk-masyarakat-indonesia>. [Accessed 5 Juli 2016].